

JFW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): BIWA et al.

Serial No.: 10/786,121

Filed: February 26, 2004

Title: ACCOUSTIC WAVE
AMPLIFIER/ATTENUATOR
APPARATUS, PIPE SYSTEM HAVING
THE SAME AND MANUFACTURING
METHOD OF THE PIPE SYSTEM



Atty. Dkt.: 01-602

Group Art Unit: 2644

Examiner: Unknown

Commissioner for Patents
Alexandria, VA 22314

Date: August 16, 2005

SUBMISSION OF PRIORITY CLAIM AND PRIORITY DOCUMENT(S)

Dear Sir:

Pursuant to the provisions of 35 U.S.C. § 119, it is respectfully requested that the present application be given the benefit of the foreign filing date of the following foreign applications. A certified copy of each application is enclosed.

<u>Application Number</u>	<u>Country</u>	<u>Filing Date</u>
2003-051756	JAPAN	February 27, 2003

Respectfully submitted,



David G. Posz
Reg. No. 37,701

Posz Law Group, PLC
12040 South Lakes Drive
Suite 101
Reston, VA 20191
(703) 707-9110
Customer No. 23400

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月 27日
Date of Application:

出願番号 特願 2003-051756
Application Number:

パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号

The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is

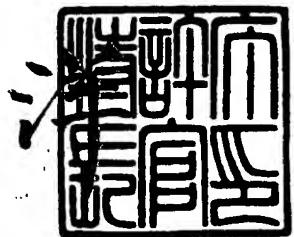
願人 財団法人名古屋産業科学研究所
Applicant(s): 株式会社デンソー

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2005年 7月 29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願

【整理番号】 P03015

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B25B 9/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市天白区植田東1-307 トウインクル
K A棟102

【氏名】 琵琶 哲志

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県岡崎市竜美南2-3-1

【氏名】 矢崎 太一

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市千種区桜ヶ丘264

【氏名】 田代 雄亮

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市千種区振甫町1-29 メゾンドコンコ
ルド410

【氏名】 上田 祐樹

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市南区外山2-12-6

【氏名】 水谷 宇一郎

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市港区東蟹田1006番地

【氏名】 小塚 基樹

【発明者】

【住所又は居所】 岐阜県岐阜市曾我屋1712番地

【氏名】 鶴見 高雄

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県一宮市大字瀬部字川原 129 番地

【氏名】 熊澤 克芳

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県春日井市石尾台 3 の 7 の 5

【氏名】 立花 一志

【特許出願人】

【識別番号】 598091860

【氏名又は名称】 財団法人名古屋産業科学研究所

【代理人】

【識別番号】 100095577

【弁理士】

【氏名又は名称】 小西 富雅

【選任した代理人】

【識別番号】 100100424

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 知公

【選任した代理人】

【識別番号】 100114362

【弁理士】

【氏名又は名称】 萩野 幹治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 045908

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0212237

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 热音響効果を利用した音波増幅・減衰器を備えた配管装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 配管に音を導入する音源装置と、

前記配管内の音波を他のエネルギーに変換する変換装置と、

前記配管において前記音源と前記変換装置との間に設けられ、高温側熱源、低温側熱源及びこれらに挟まれたスタックを備えてなる熱音響効果を利用した音波増幅器及び／又は減衰器と

を備えてなる配管装置。

【請求項2】 前記スタックの ω_r は1～20である、ことを特徴とする請求項1に記載の配管装置。

【請求項3】 前記スタックの中心が定在波の節部分を外して配置されている、ことを特徴とする請求項1又は2に記載の配管装置。

【請求項4】 前記音源装置は熱音響自励振動装置であり、前記変換装置は蓄冷器である、ことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の配管装置。

【請求項5】 前記音波増幅装置は前記高温側熱源と低温側熱源の温度比を超えた音波増幅率を有する、ことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の配管装置。

【請求項6】 音波が発生している配管内に設置され、高温側熱源、低温側熱源及びこれらに挟まれたスタックを備えてなる熱音響効果を利用した音波増幅・減衰器。

【請求項7】 前記スタックの ω_r は1～20である、ことを特徴とする請求項6に記載の音波増幅・減衰器。

【請求項8】 既存の配管に音源装置を組み付ける工程と、

前記配管内の音波を他のエネルギーに変換する変換装置と該配管に組み付ける工程と、

高温側熱源、低温側熱源及びこれらに挟まれたスタックを備えてなる熱音響効果を利用した音波増幅・減衰器を前記配管において前記音源と前記変換装置との間に組み付ける工程と、

を含んでいる配管装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、外部音源（スピーカ、ピストン、熱音響自励振動など）から供給される音波を熱音響効果を通じて音響強度を増幅、または減衰するための音波増幅・減衰器に関する。

【0002】

【従来の技術】

外部からの熱源を使って温度勾配を軸方向に付けたスタックを使って音波の音響強度を増幅する方法をCeperleyは非特許文献1の中で提案している。

彼は長い配管の一端に取り付けたスピーカから供給される進行波音波が温度勾配のあるスタックを通過するとき、スターリングサイクルを通じて音波と熱エネルギーの間でエネルギー変換がおこり、その結果、スタックの温度勾配の符号によってそれぞれ音波の音響強度の増幅および減衰が起こると予期した。進行波音波では圧力と流速が同位相であり、スターリングエンジン内のスタックの振動流体と同様だからである。彼は音波が低温側から高温側へスタックを通過する場合には、従来型のスターリングエンジンと同様に理想的には最高で温度比に達する音響強度の増幅率が得られると述べている。しかしながら彼はこの実験に失敗しており、熱による増幅作用は実証されなかった。スターリングサイクルを実行するためにはスタック内での等温的熱交換が必須であるが、このためにスタック内の流路を狭くすると、粘性によるロスもまた増大するからである。

【0003】

Petculescuらは非特許文献の中で、配管内の定在波の流速の節の部分に上記のスタックを設置することを提案している。

その他、本発明に関連する技術として、特許文献1、特許文献2、特許文献3、特許文献4を参照されたい。

【0004】

特許文献1 特許3015786号公報

特許文献2 特表2001-521125号公報

特許文献3 特開2002-31423号公報

特許文献4 特表2002-535597号公報

非特許文献1 "Gain and efficiency of a short traveling-wave heat engine," 77 J. Acoust. Soc. Am., pp. 1239-1294 (1985)

非特許文献2 "Traveling-wave amplification in a variable standing wave ratio device", Acoustics Research Letters on Line, vol. 3, pp71-76 (2002)

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

Petculescuらは、Ceperleyと同様に進行波のみに由来するエネルギー変換を利用し、定在波によるエネルギー変換を利用していない。進行波によるエネルギー変換を実行するためには、スタック内での等温的熱交換が必要不可欠であるが、このために、スタックでの粘性によるロスが無視できず、スタックの位置が流速の節の位置からずれるとたちまちに増幅率が低下するという問題があった。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、次の構成を有する。即ち、配管に音を導入する音源装置と、前記配管内の音波を他のエネルギーに変換する変換装置と、前記配管において前記音源と前記変換装置との間に設けられ、高温側熱源、低温側熱源及びこれらに挟まれたスタックを備えてなる熱音響効果を利用した音波増幅・減衰器とを備えてなる配管装置。

【0007】

上記において、配管は音波の媒体（空気等の気体）を囲み込むことができるものであれば、その材質、断面形状、内径、形状、分枝の有無は特に限定されない。

音源装置としては、熱音響自励振動、スピーカ、ピストンなど、他のエネルギー

一を音波のエネルギーに変換できるものであればよい。また、音波自身を配管内に導入する場合も音源装置に含まれる。

音源装置から配管内に導入された音波は、配管内において定在波及び進行波を構成する。

【0008】

音波を他のエネルギーに変換する変換装置にはヒートポンプとして蓄熱器（音波を熱エネルギーに変換するもの）のほか、マイクロフォン（音波を電気エネルギーに変換するもの）やピストン（音波を機械的エネルギーに変換するもの）を用いることができる。

【0009】

音波増幅・減衰器は高温側熱源、低温側熱源及びこれらに挟まれたスタックを備えてなる。高温側熱源として例えば多数の薄肉金属板を微小間隔に配置してスタックの上流もしくは下流側に配置し、これら金属板を直接的に又は間接的に高熱源に連結し、薄肉金属板が高温になるようにする。同様に低温側熱源として多数の薄肉金属板を微小間隔に配置してスタックの上流もしくは下流側に配置し、これら金属板を直接的に又は間接的に低熱源に連結し、薄肉金属板が低温になるようにする。

スタックは配管の軸と平行で配管の内径より狭い径の複数の平行流路を有する。かかるスタックとしてハニカム構造やメッシュ薄板の積層体等を用いることができ、その材質は使用環境に応じて任意に選択することができる。高温側熱源と低温側熱源とに挟まれることによりこの狭い平行流路内で空気等の音波媒体が振動し、配管内の音波を増幅もしくは減衰させる。この発明は、当該音波増幅・減衰器を配管内に設けることにより、配管内の音波を任意に増幅もしくは減衰し、そのように制御された音波を蓄熱器等の変換装置で有効利用しようとするものである。

【0010】

本発明者らの検討によれば、この発明の音波増幅器によれば、その高温側熱源と低温側熱源の温度比（ T_H/T_C ）を超えて配管内の音波を増幅することができた（図1参照）。これは、配管内の進行波と定在波と共に利用したためと考え

られる。進行波と定在波をともに利用するためには、スタックの $\omega\tau$ を1～20とすることが好ましい。更に好ましくは、2～10、更に更に好ましくは3～7である。ここに ω は音波の角振動数であり、 $\tau = r^2 / 2\alpha$ （ここに、 r はスタック内の流路の半径、 α は音波媒体の熱拡散係数である）である。 $\omega\tau$ が1未満のときは、図2に示すように温度比（ T_H/T_C ）を超えて配管内の音波を增幅することができない。

【0011】

さらに進行波と定在波をともに利用するには、スタックの中心が定在波の節の部分（圧力と流速の間の位相差 Φ_m がゼロの部分）を外すようにすることが好ましい。当該節の部分では進行波の利用が最大化するものの定在波を利用することができないからである。

勿論、位相差 Φ_m がゼロの位置にスタックの中心をおいても、進行波のみによる音波の増幅が可能なことはいうまでもない。

増幅する場合、位相差 Φ が正でかつ音波がスタックを低温部から高温部へ通過する向きに温度勾配を与えることが好ましい。進行波、定在波がともに増幅に寄与するからである。また減衰する場合は、位相差 Φ が負でかつ音波が高音部から低温部へ通過する向きに温度勾配を与えることが好ましい。進行波、定在波がともに減衰に寄与するからである。

【0012】

以下、位相差 Φ と温度勾配との関係表1に示す。

【表1】

定在波エネルギー変換		Φ	
		正	負
温度勾配	正	増幅	減衰
	負	減衰	増幅
進行波エネルギー変換		Φ の正負によらない	
温度勾配	正	増幅	増幅
	負	減衰	減衰

【0013】

定在波の波長 (λ) からながめると、スタック中心の位置は節より $\pm 0.2\lambda$ の範囲内においてかつ節から外れていることが好ましい。スタックでの粘性のロスが大きくなるのを避けるためである。更に好ましくは、 $\pm 0.125\lambda$ の範囲内とする。

【0014】

配管内の音波の進行方向において、低温側熱源が上流側（高温側熱源が下流側）にあると、スタック内において音波を増幅するように圧力振動が形成される。かかる音波増幅器を多段に用いることにより、音源のパワーが小さくても変換装置から充分に大きな出力を得られることができる。

他方、低温側熱源が下流側（高温側熱源が上流側）にあると、スタック内において音波を減衰するように圧力振動が形成される。かかる音波減衰装置を多段に用いることにより、不必要に大きなエネルギーの音波を変換装置の容量に適合させることができる。

一つの配管において音波増幅器と音波減衰器とを併用することもできる。

音波増幅・減衰器を多段に用いることは、高温側熱源及び／又は低温側熱源に供給できる熱の温度に制限がある場合に有効である。特に、高温側熱源の温度が

低い場合、音波増幅・減衰器を多段に用いることで大きな出力を達成できる。

【0015】

このように構成された本発明の配管装置によれば、可動部が存在しないで製造コスト及び消費エネルギーを可及的に小さくすることができ、また長寿命化も達成できる。また本発明により、大出力音波を単に吸音材、干渉効果だけにたよらず熱によってより積極的に減衰することが出来る。

【0016】

図3は本発明に係る配管装置1の概略構成図を示す。配管内3には、作業用ガスが0.1～3 MPa程度の圧力で充填してある。この充填する作業用ガスとしては、ヘリウム、窒素、空気、水素、その他の混合ガスを使用することができる。配管3の一端には音源2であるスピーカ、ピストン、または熱音響自励振動発生器がある。配管に使用できる材料としては、例えばステンレス鋼からなる円形断面のものである。配管の内径は必ずしも一様である必要は無い。また配管は途中で枝別れしてもよいし、曲線を描いてもよい。

配管3の多端には音波エネルギーを熱エネルギーに変換するための蓄冷器4が取付けられている。蓄冷器4にはその熱（冷熱）を外部へ取り出すためのインターフェース9が取付けられている。当該インターフェースとして熱媒体の循環装置等を挙げることができる。

【0017】

配管内には低温側熱交換器5と高温側熱交換器7で挟まれたスタック6からなる音波増幅・減衰器8を少なくとも一つ設ける。スタック6は、多数の平行な平行通路を有するセラミックス製または薄板金属製のハニカム構造体、多数枚の金属製メッシュ薄板が積層されたものであり、作業用ガスが通過するための狭い流路が配管の軸方向に形成されている。高温側熱交換器7は複数枚の薄肉金属板が微小間隔で配設されたもの、または複数枚の金属製メッシュが積層されたものである。周囲を図示しないヒータ、火炎、廃熱などで加熱される。低温側熱交換器5は、高温側熱交換器7と類似の構造を持ち、周囲を図示しない室温冷却水等で冷却される。配管3内を伝播する音波の波長を1とするとき、スタックの中心位置が配管3内に形成される流速の節の位置から±0.2以内の位置に来るよう設

置する。

【0018】

音波増幅・減衰器8には、その高温側熱源と低温側熱源に熱を供給するための熱源のほか実質的に外部に接続されていない。この音波増幅・減衰器8においても音波を熱エネルギー等に変換可能であるが、その目的とするところは配管内音波の増幅もしくは減衰であり、そのためのエネルギーを熱エネルギー等に変換することは増幅効率、減衰効率の低下につながるからである。換言すれば、蓄冷器に接続されるようなエネルギーを取り出すためのインターフェース9は実質的に音波増幅・減衰器8にはつながっていない。

音波増幅・減衰器において音波の進行方向上流側に低温側音源を配置したときは増幅器となり、他方、音波の進行方向上流側に高温側音源を配置したときは減衰器となる。

【0019】

【実施例】

図2は図1に示した実施形態の一例である。内径が24mm、肉厚が0.5mmのステンレス製の配管11の一端には金属ベローズ12を介して音源であるスピーカ13が接続されている。レーザードップラーフローメーター14を用いて流速測定を可能するためにこの実施例では配管の一部を内径21mm、肉厚2mmのガラス管とした。全長は3.3mであり、内部には大気圧の空気が作業用ガスとして充填されている。音源の振動数は103Hzであり、ちょうど1波長共鳴が実現する周波数である。そのため、音波増幅・減衰器18は配管のおよそ中央に設置するが、二つの熱交換器の両側の配管11、19を取り替えることで、配管の全長は不变のまま、音波増幅・減衰器18の位置を相対的に軸方向にずらす事が出来る。スタックは#60のステンレス鋼製のメッシュを2センチだけ積層して使用している。

【0020】

図5にスタックの中心をスピーカの振動面から1.69mの位置に置き、スタック全体を室温に保ったまま、小型の圧力センサ15とLDV14を用いて測定した圧力と流速の間の位相差の軸方向分布を示す。位相差がちょうどゼロになる位置が流速の節であるので、スタックは節の若干手前に位置している事が分かる。この

とき、音波増幅・減衰器18においてスタック中心の位相はおよそ+20度という値を取っている。位相は連続的に分布しているので、スタックの位置を軸方向にずらすことで、スタック内部の位相を変化させる事が可能である。また、このためにはスタックの位置はかならずしもずらす必要は無く、音源の周波数を高く、または低くして調整してもよい。

【0021】

図6はスタック中心の位相差を+20度に保ったまま、温度勾配が無い場合、正の場合（音波はスタックを低温から高温へ通過する）、そして負の場合の音波の音響強度の分布である。温度勾配のある時、一端は室温であり、一端は290°Cに加熱している。またスタックに流入する音響強度を一定に保っている。温度勾配が正の場合はスタック内で増幅し、また負の場合は減衰できることが分かる。これが熱エネルギーを使った音波増幅・減衰器である。スタックから出てくる音響強度を流入する音響強度の値で除した数値を増幅率と呼ぶことにする。増幅率が1を超すと、音響強度は増幅し、1より小さいと減衰することを意味する。使用したスタックの $\omega\tau$ はおよそ0.2であり、 $\omega\tau$ がこのように小さい場合にはほぼ進行波エネルギー変換しか利用できないために、最大でも温度比（=560K/300K）よりも小さな増幅率しか得られないことを述べておく。

【0022】

次にステンレス鋼製メッシュの代わりにセラミックス製のハニカムを使用した場合について説明する。このハニカムでは1平方インチ当たり200個の孔となるような孔密度を有していて、先のステンレス鋼製メッシュよりも広い流路半径を持っている。このスタックについて先と同様の実験を行ない、さらにこの位置を配管内で相対的に変化させた結果を図1にまとめて示した。縦軸には増幅率、横軸にはスタック中心での位相を示している。使用したスタックは作業用ガスとの熱交換の程度を表す $\omega\tau$ がおよそ4.9であり、進行波も定在波もエネルギー変換に寄与する事が出来る。スタックがちょうど流速の節にある場合には進行波しかエネルギー変換できないが、温度勾配の正負によって増幅減衰する様子は確認できる。スタックをずらして定在波が利用できるようにすると、温度勾配が正で位相が正の時、増幅率は増加し、温度比すら越えることが分かった。定在波の

エネルギー変換の寄与が利用できたからである。また温度勾配が正で、位相が負の時、音波は減衰する。定在波エネルギー変換が進行波エネルギー変換とは異なって、温度勾配の符号と位相の符号の組み合わせによって増幅、または減衰に寄与するか、変わることである。これを利用すれば、温度勾配の符号を変化するのが困難な場合でも音響強度の増幅、減衰が変更可能である。

【0023】

【発明の効果】

本発明は熱音響自励振動、スピーカ、ピストン、など外部の音源から供給される音波に対してその音響強度を熱音響効果を通じて増幅し大出力音波を得たり、または音波を減衰することを可能とする。これにより、音源を駆動するのに必要な電力、動力、または高温の熱源がなくても、実質的に必要なだけの出力の音波を熱音響効果を通じて、可動部無しに得られる。また複数個の音波増幅器を組み合わせる事で、単一の熱音響増幅器だけでは得ることが出来ない程の大出力の音波を得る事が可能になる。可動部のある音源では最終的に同じ出力の音波を得るのに低電力、低動力ですむので所要エネルギーの低減、長寿命化に役立つ。自励振動装置では一つのスタックでは発生困難な大出力音波をより低い温度で実現できる。また本発明により、大出力音波を単に吸音材、干渉効果だけにたよらず熱によってより積極的に減衰することが出来る。熱音響効果を利用した音波増幅・減衰器では可動部がないために、安価、長寿命、高信頼性があるというメリットも享受する事が出来る。

【0024】

この発明は、上記発明の実施の形態及び実施例の説明に何ら限定されるものではない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1はこの発明の実施例 $\omega \tau = 4.9$ の音波増幅・減衰器の変換効率を示すグラフ図である。

【図2】

図2は同じく $\omega \tau = 0.18$ の音波增幅・減衰器の変換効率を示すグラフ図である。

【図3】

図3はこの発明の実施例の配管装置1の概念構成図である。

【図4】

図4は試験装置の断面図である。

【図5】

図5は圧力と流速の間の位相差の軸方向分布を示す。

【図6】

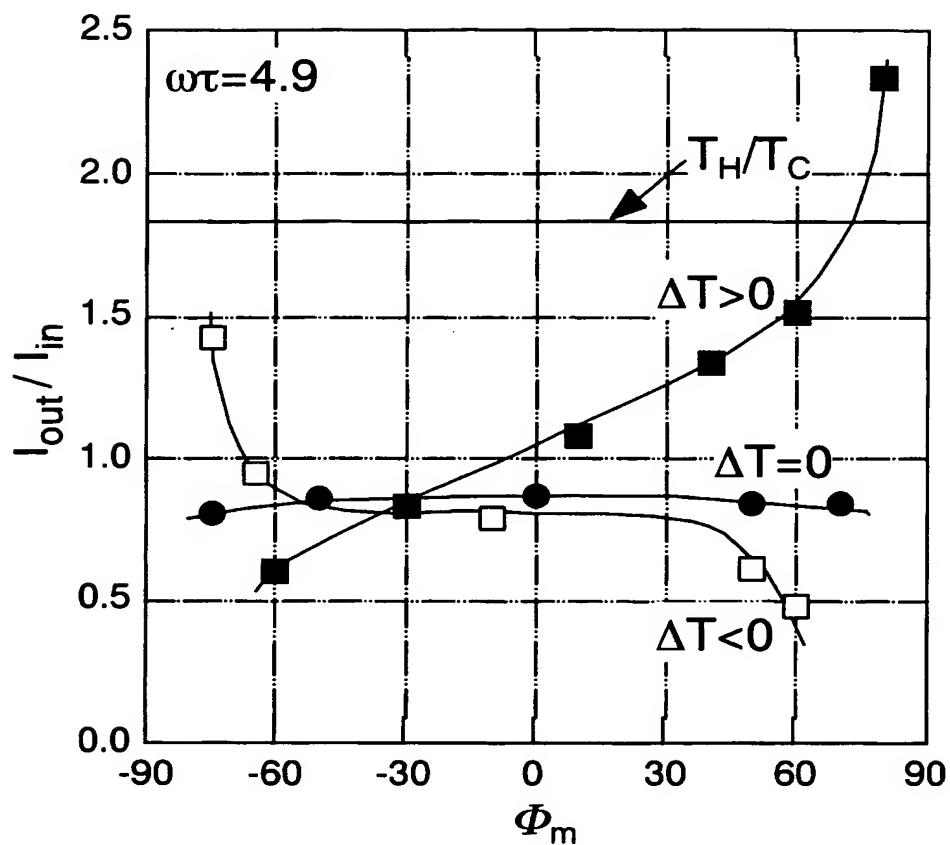
図6はスタック中心の位相差を+20度に保ったまま、温度勾配が無い場合、正の場合（音波はスタックを低温から高温へ通過する）、そして負の場合の音波の音響強度の分布である。

【符号の説明】

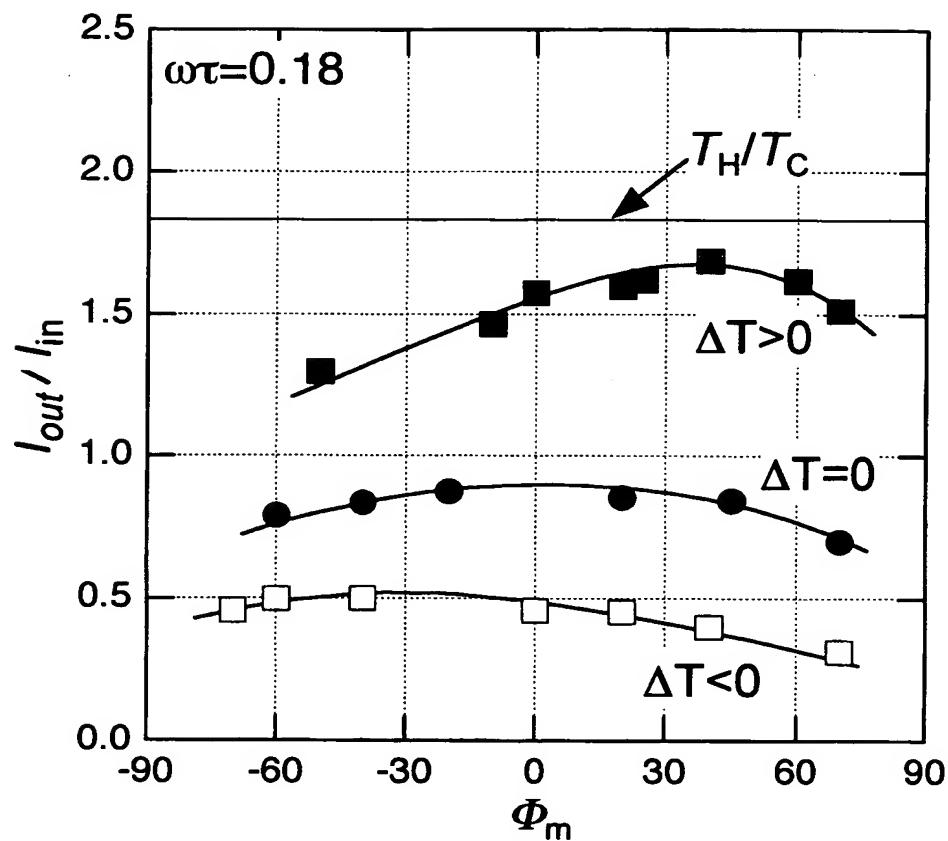
- 1 配管装置
- 2、13 音源
- 3、11、19 配管
- 4 蓄冷器
- 5 低温側熱源
- 6 スタック
- 7 高温側熱源
- 8、18 音波增幅・減衰器

【書類名】 図面

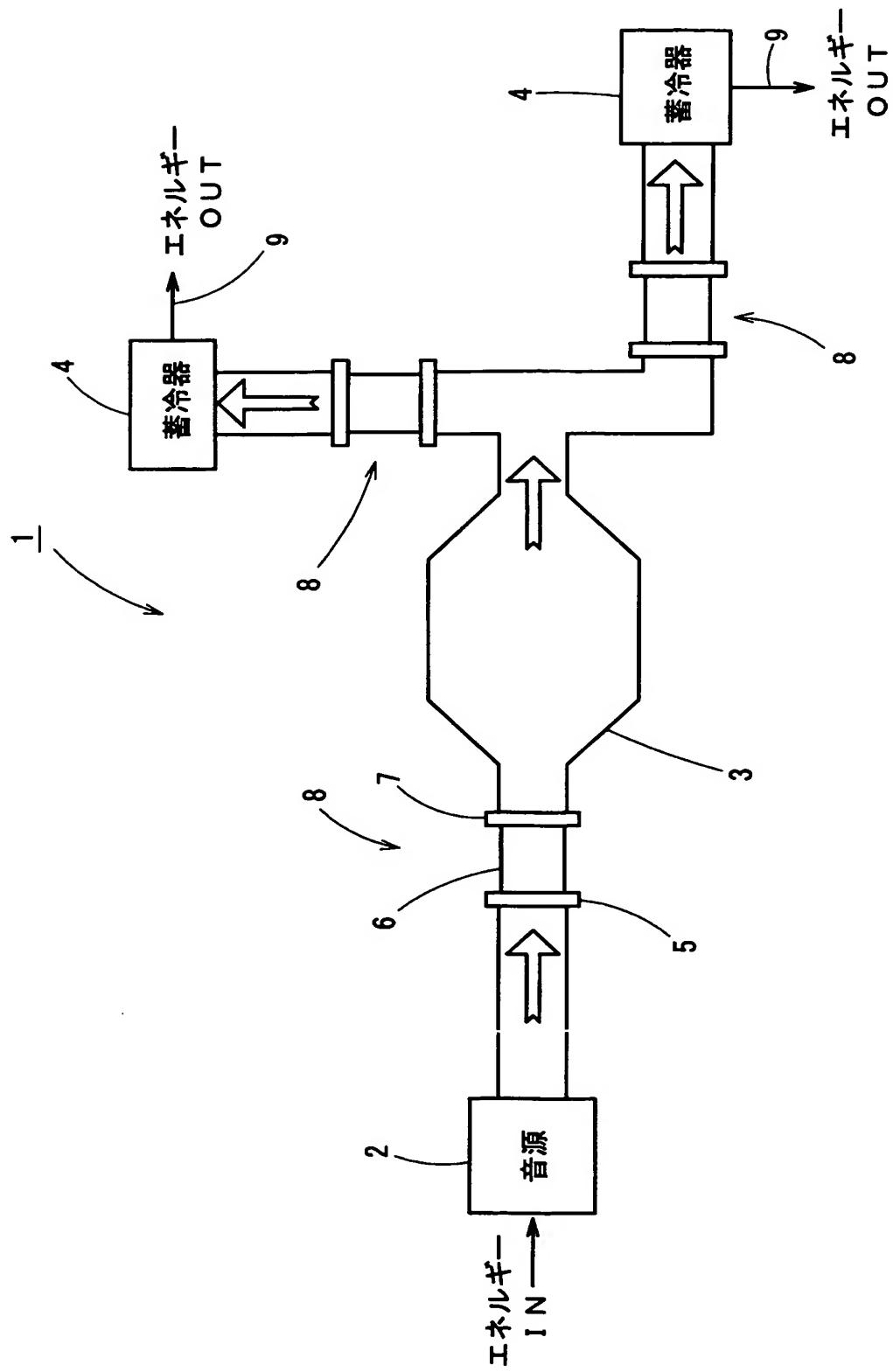
【図 1】



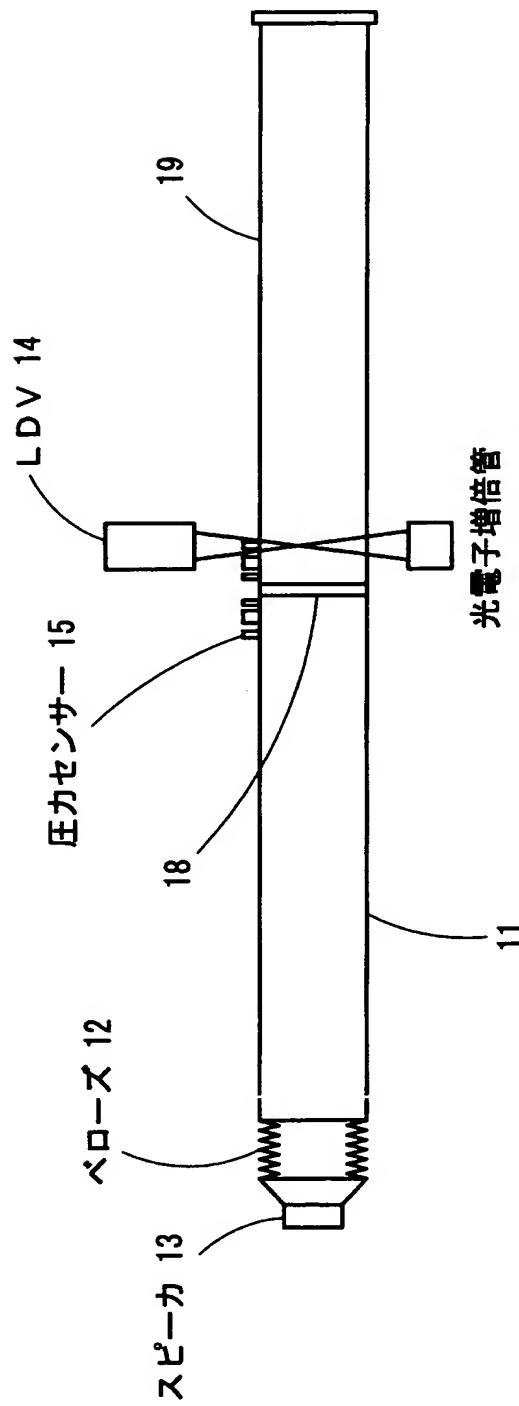
【図2】



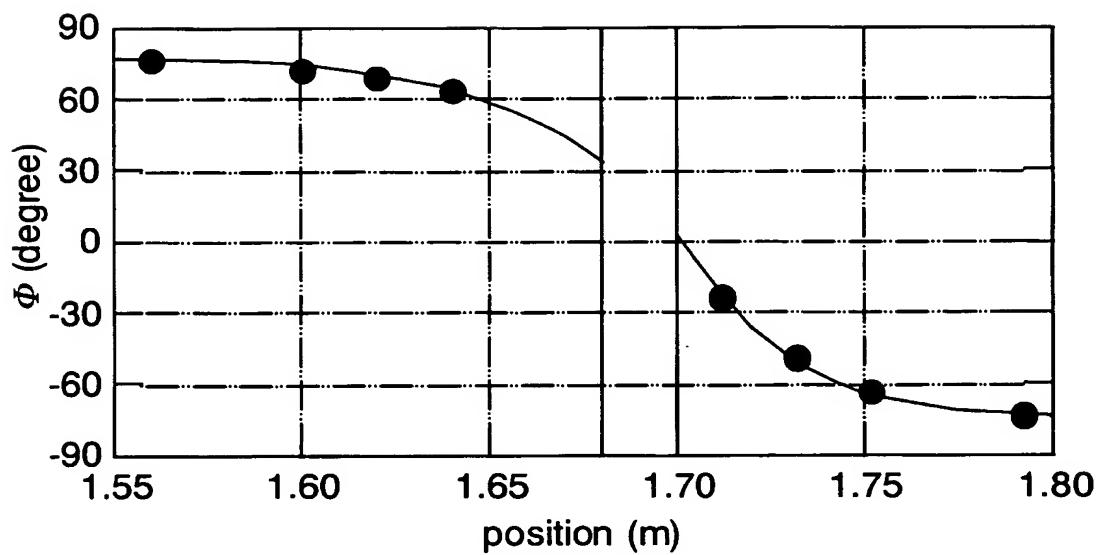
【図3】



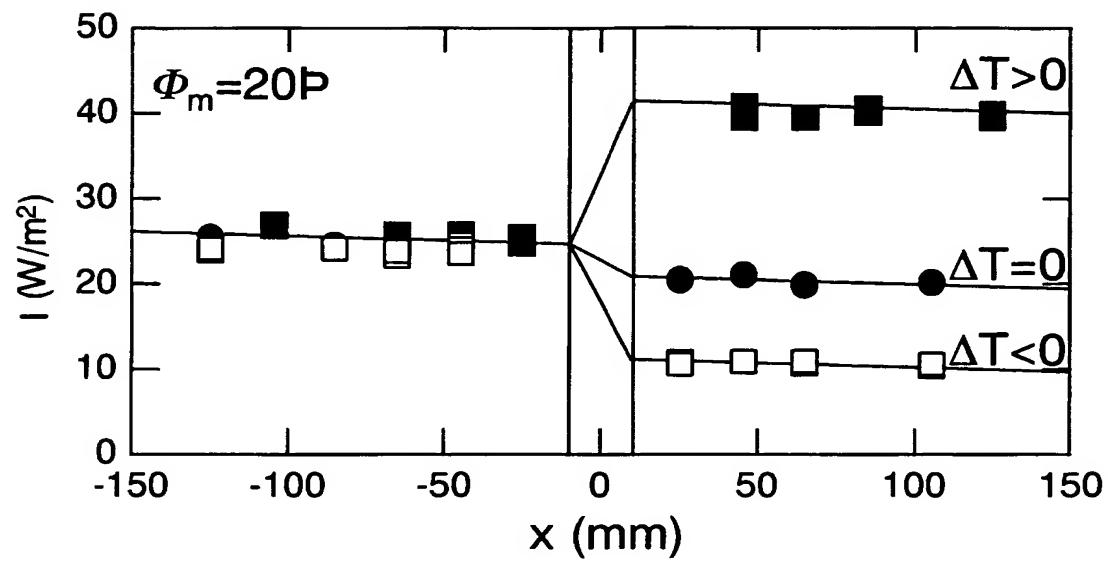
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 熱音響効果を利用して音波の強度を任意に制御できるようにした配管装置を提供する。

【解決手段】 配管に音を導入する音源装置と、配管内の音波を他のエネルギーに変換する変換装置と、配管において音源と変換装置との間に設けられ、高温側熱源、低温側熱源及びこれらに挟まれたスタックを備えてなる音波増幅・減衰器と配管に組み付ける。

【選択図】 図3

認定・付加情報

特許出願の番号 特願2003-051756
受付番号 50300322450
書類名 特許願
担当官 第三担当上席 0092
作成日 平成15年 2月28日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 2月27日

次頁無

出証特2005-3052531

【書類名】 出願人名義変更届
【整理番号】 PN082283
【提出日】 平成17年 6月 7日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
【出願番号】 特願2003- 51756
【承継人】
【識別番号】 000004260
【氏名又は名称】 株式会社デンソー
【代表者】 深谷 紘一
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 010331
【納付金額】 4,200円

特願 2003-051756

出願人履歴情報

識別番号 [598091860]

1. 変更年月日 1998年 7月 9日

[変更理由] 新規登録

住所 愛知県名古屋市中区栄二丁目10番19号

氏名 財団法人名古屋産業科学研究所

特願 2003-051756

出願人履歴情報

識別番号 [00004260]

1. 変更年月日 1996年10月 8日

[変更理由] 名称変更

住所 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
氏名 株式会社デンソー